

ANALISIS PERFORMANSI *CLOSED THERMOSYPOND* DENGAN VARIASI KONSENTRASI CAMPURAN ASETON DAN ETANOL

Arif Rochman Fachrudin
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang
Email: rasya_fachrudin@yahoo.com

ABSTRACT

Thermosyphon are heat exchangers in the form of a pipe that consists of three main parts: evaporator (the bottom of the tube), adiabatic and condenser (top tube). Evaporator part is the part that receives heat and absorb them to be brought to the condenser, the part which releases heat to the environment. Among the evaporator and condenser there is a section that separates, ie adiabatic section as part of an isolated so no temperature exchange with the pipe lingkungan. Didalam there is the working fluid that carries heat from the evaporator. Panas absorbed from the environment and move up the tube because of differences in density between the vapor and liquid to kesisi condensation (condenser) and heat dilepaskan. Pada side vapor condensation condensed into liquid and moves down back to the evaporator because of the force of gravity.

In this study, thermosyphon made of copper with a diameter of 12,7 mm and a length of 500 mm with a length of 195 mm condenser. The area subject to the evaporator as the heat source side, adiabatic section is isolated so that no heat exchange with the environment and the area condenser mounted heat sink which aims to remove heat from the heat pipe to the environment. The research was done by varying the concentration of the working fluid, the concentration of the mixture of acetone and ethanol. Variasi fluid mixture concentrations used in this study is the percentage of acetone to methanol, yaitu 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100%. The data required is the temperature at the evaporator (T_e), the temperature of the condenser (TK_1 , TK_2 , TK_3) and air temperature (T_u).

The results showed that, most small thermal prisoner at the time of the concentration of 100% acetone to ethanol. At the same acetone concentration, the higher the power (the higher the temperature), the greater the heat flux and power output. The process in this experiment the largest output power and capacity terbesar terjadi the acetone concentration of 100% and the highest power (63 W).

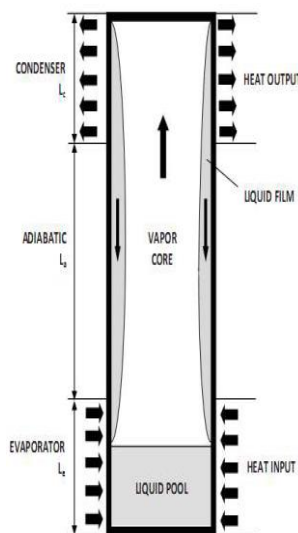
Keywords: thermosyphon, heat pipes, heat exchangers, condensers

1. Pendahuluan

Dalam bidang *mechanic* maupun *electric* dibutuhkan suatu alat pendingin untuk melindungi komponennya dari kerusakan. Dengan sistem pendinginan maka temperatur komponen akan terjaga sehingga terhindar dari kerusakan kerusakan yang diakibatkan dari panas yang berlebih (*over heating*).

Salah alat pendingin yang efektif dalam memindahkan panas dalam hal ini adalah *thermosyphon*. *Thermosyphon* merupakan alat penukar panas yang berupa pipa, terdiri dari 3 bagian utama yaitu : evaporator, adiabatik dan kondensor. Bagian evaporator merupakan bagian yang menerima panas dan menyerapnya untuk di bawa kebagian kondensor, yaitu bagian yang melepas panas ke lingkungan. Diantara evaporator dan kondensor ada bagian yang memisahkan, yaitu bagian adiabatik sebagai bagian yang terisolasi sehingga tidak ada pertukaran temperatur dengan lingkungan. Didalam pipa itu terdapat fluida kerja yang berfungsi membawa panas dari evaporator dan melepaskannya di kondensor.

Apabila sejumlah panas diberikan pada bagian evaporator panas, maka fluida kerja akan menguap melalui inti tengah. Uap yang dibangkitkan bertekanan yang besar melebihi tekanan cairan sehingga uap akan menuju ke bagian kondensor. Pada bagian kondensor, fluida kerja yang berupa uap dikondensasikan dengan melepas panas dan fluida yang telah terkondensasi kembali ke bagian evaporator melalui dinding berdasarkan gravitasi. Proses ini berjalan secara terus menerus, panas dipindahkan dari evaporator ke kondensor adalah berbentuk panas laten penguapan.



Gambar 1. *Thermosyphon*

Sumber : Sabharwall P., 2009

Thermosyphon sebenarnya merupakan *heat pipet* tetapi tanpa struktur kapiler (*wick*) (Sabharwall P, 2009). Menurut Meyer A, Dobson, R T (2006) *thermosyphon* merupakan *heatpipe* tetapi tanpa struktur kapiler (*wick*), sehingga perbedaan antara *thermosyphon* dan *heatpipe* yaitu *thermosyphon* menggunakan gaya gravitasi untuk mentransfer

panasdari sumber panas (*heat source*) yaitu evaporator yang terletak di bawahkondensor, sedangkan heat pipe menggunakan pipa kapiler (*wick*).

Menurut penelitian sebelumnya diperoleh kesimpulanbahwagaya gravitasi pada *thermosyphon* mempunyai efek perpindahan panas yang lebih baik dibandingkan dengan struktur kapiler (*wick*) dalam heat pipe karenastruktur *wick* cenderung menambah hambatan terhadap aliran kondensat. Meng-Chang Tsai, dkk (2007) melakukan penelitian pada *loop thermosyphon*, dengan menggunakan evaporator dinding *wick* dan tanpa *wick*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Temperatur evaporator tertinggi pada evaporator tanpa sumbu struktur (*wick*). Meena P., dkk (2006) melakukan penelitian terhadap recovery panas padasiklus pengeringan dengan *CLOHP/CV (Closed-loop oscillating heat-pipe withcheck valves)* air-preheater yang digunakan sebagai recovery panas buangan. Hasil penelitian menyimpulkan efekiitas Efektivitas perpindahan panas tertinggi dicapai pada kecepatan udara terendah dan pada temperatur tertinggi. Heri Sudarmanto (2011), melakukan penelitian campuran konsentrasi aseton dan methanol pada *heat pipe*. Dalam penelitiannya disimpulkan bahwa campuran konsentrasi aseton dan methanol berpengaruh pada unjuk kerja *heat pipe*, yaitu semakin besar konsentrasi aseton unjuk kerja semakin bagus

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka pengujian ini dititik beratkan pada masalah pengaruh konsentrasi campuran aseton dengan titik didih 56,53⁰C dan ethanol dengan titik didih 78,29⁰ pada unjuk kerja *closed thermosypon*.

Kinerja termal *thermosypon* tergantung pada beberapa hal antara lain fluida kerja, , bahan pipa, bentuk dan panjang *thermosypon*. Kriteria pokok dari kinerja termal ditentukan dari beda temperatur evaporator dan kondensor (end to end ΔT), tahanan termal, kapasitasperpindahan kalor (fluk kalor) dan dayaoutputSecara teori tahanan termal (R_{th}) pipa kalordapat dihitung dengan persamaan (Hopkin etal., 1999) :

$$R_{th} = \frac{T_e - T_{kl}}{Q_{out}}$$

Semakin rendah harga tahanan termal maka kinerja *thermosypon* semakin baik dan begitu juga sebaliknya. Pada kondisi ideal kalor yang keluar harussama dengan kalor yang masuk, karena pada kondisi stedi kalor yang dibutuhkan untuk penguapan fluida kerja di evaporator akan sama dengan kalor yang dilepaskan pada saat proses kondensasi uap di daerah kondensor. Kalor yang keluar melauai kondensor dapat

dihitung sebagai berikut : $Q_{out} = \eta \cdot A_t \cdot h \cdot (T_w - T_u)$. Fluks kalor didapatkan dari kalor yang keluar (Q_{out}) persatuan luas. Koefisien perpindahan kalor konveksi (h) diperoleh dengan rumus empiris, khususnya untuk konveksi paksa dengan aliran turbulen dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi sebagai berikut (Holman, 1994 : 60):

Angka Nusselt diperoleh dari (Holman 1994:252) :

$$Nu_d = 0,023 Re^{0,8} Pr^n$$

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka pengujian ini dititik beratkan pada masalah pengaruh konsentrasi campuran aseton dan ethanol pada unjuk kerja *close thermosypon*.

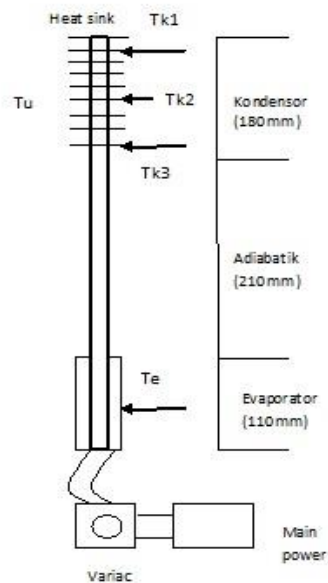
2. Metodologi Penelitian

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan hubungan pengaruh campuran konsentrasi aseton dan ethanol pada unjuk kerja *thermosypon*, sehingga untuk mendapatkan variasi parameter – parameter tersebut di atas dilakukan dengan jalan memvariasi konsentrasi aseton dan ethanol yang digunakan sebagai penukar panas. Selain itu dilakukan variasi daya untuk mengetahui unjuk kerja *thermosypon*.

Prosedur Pengambilan Data

Sebagai langkah awal dalam penelitian yaitu dengan melakukan Mengisi fluida kerja aseton 7,5 ml dalam pipa kalor, menghidupkan power dan mengatur kedudukan auto travo, sehingga diperoleh daya input 10 Watt atau input temperatur 50°C. Setelah kondisi stedi mencatat data temperatur dievaporator (T_e), temperature kondensor (T_{k1} , T_{k2} , T_{k3}), dan temperatur udara (T_u) masing – masing 10 kali dengan selang waktu 30 detik.

Ada 6 variasi konsentrasi volume aseton terhadap etanol yang menjadi obyek penelitian ini yaitu : 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Daya input yang diberikan adalah 8 ; 13,4 ; 19,2 ; 27 ; 34,2; 42,1; 52 dan 63 Watt. Pengambilan data temperatur di evaporator (T_e), kondensor (T_{k1} , T_{k2} , T_{k3}), dan temperatur udara (T_u) dilakukan setelah kondisi stedi, yaitu kurang lebih 120 menit setelah power dihidupkan, dan untuk daya input selanjutnya berselang kurang lebih 30 menit.

Gambar 2 Susunan Alat Uji *Thermosypon*

Spesifikasi *Thermosypon*

Tabel 1. Spesifikasi *Thermosypon*

SPESIFIKASI	KET
Panjang total (mm)	500
Panjang kondensor (mm)	195
Panjang adiabatik (mm)	210
Panjang Evaporator (mm)	110
Diameter Pipa (mm)	12,7
Tebal Pipa (mm)	0,5
Fluida kerja	Variasi Aseton dan Etanol
Jumlah sirip	23
Diameter sirip	48
Bahan Pipa	Cu

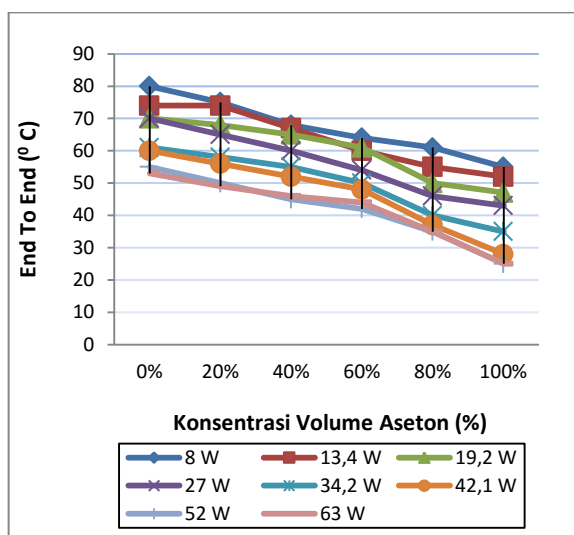
Daya input dihitung berdasarkan tegangan dan arus yang diterima oleh pemanas (heater), yaitu bisa dihitung :

$$Q_{in} = V \cdot I$$

Pengambilan data temperatur adalah pada bagian, evaporator (T_e), kondensor (T_{k1} , T_{k2} , T_{k3}), dan temperatur ruangan/udara (T_u). Pengambilan data dilakukan setelah kondisi kerja *heat pipe* stabil, yaitu kurang lebih 30 menit setelah *heat pipe* mulai beroperasi. Pengukuran dilakukan 3 kali dan setiap temperatur diambil datanya 10 data dengan jeda pengambilan data 5 menit, sehingga setiap temperatur memperoleh 30 data.

Untuk setiap konsentrasi yang berbeda, diberikan 5 variasi temperatur dan untuk panjang adiabatik berikutnya diulang dari awal seperti sebelumnya. Hasil penelitian ini digambarkan dalam suatu grafik.

3. Hasil Dan Pembahasan

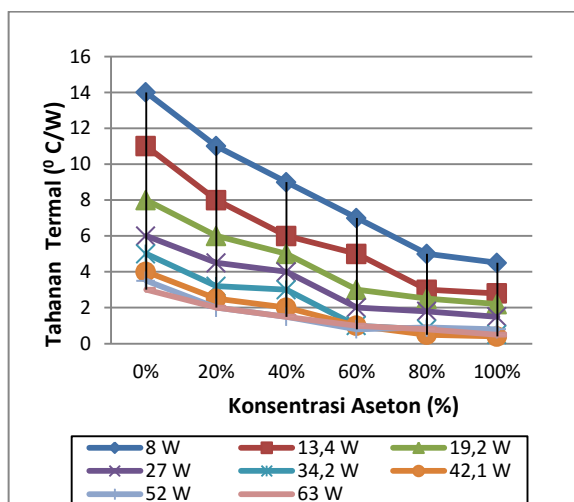


Gambar 3. Grafik Pengaruh Konsentrasi Volume Aseton Terhadap End To End

Gambar 3 menunjukkan bahwa perbedaan temperatur (*end to end* ΔT) dibagian evaporator dan kondensor pada konsentrasi aseton 0%, *end to end* ΔT nya cukup tinggi, dan semakin bertambahnya daya (semakin tinggi temperatur) maka semakin kecil *end to end* ΔT dan semakin menurun seiring pertambahan konsentrasi Aseton. Untuk konsentrasi Aseton 0% pada semua temperatur mempunyai harga *end to end* ΔT terbesar. Sebaliknya untuk konsentrasi aseton 100% mempunyai *end to end* ΔT yang terkecil. Dengan konsentrasi aseton 100% mempunyai *end to end* ΔT terkecil adalah menunjukkan mempunyai unjuk kerja thermal yang terbaik.

Ketika konsentrasi aseton 0%, fluida yang berada pada evaporator belum sepenuhnya mencapai suhu kondensasi langsung masuk ke kondensor sehingga mempunyai *end to end* ΔT tinggi. Temperatur di bagian evaporator mengalami penurunan dengan kenaikan konsentrasi volume aseton dan mengalami kenaikan dengan bertambahnya daya input. Hal ini sesuai dengan ketentuan teori ($Q_{in} = m \cdot h_{fg}$), sehingga aliran massa uap akan terus bertambah dengan bertambahnya daya input, yang berakibat meningkatnya tekanan uap dalam pipa. Kenaikan konsentrasi volume aseton berpengaruh terhadap penurunan titik didih fluida kerja yang berada dibagian evaporator, karena titik didih aseton lebih rendah daripada etanol. Khusus untuk fluida

dengan konsentrasi etanol (0% aseton) temperatur pada evaporator sangat tinggi sehingga *end to end tinggi*, dandengan penambahan konsentrasi aseton temperatur pada evaporator akan menurun seiring dengan peningkatan daya input, dan penurunan temperatur lebih stabil pada volume aseton 40% - 100%, dan fluida kerja yang tersisa dievaporator konstan.

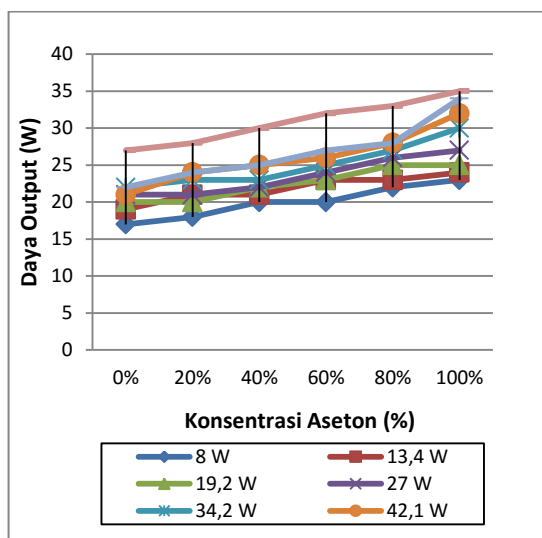


Gambar4. Grafik Pengaruh Konsentrasi Volume Aseton Terhadap Tahanan Termal

Pada gambar 4 hubungan antara konsentrasi aseton dengan tahanan thermal terlihat ketika konsentrasi aseton 0%, tahanan thermal sangat besar, semakin tinggi konsentrasi aseton maka tahanan thermalnya semakin turun. Hal ini terlihat pada konsentrasi aseton 0% dengan daya 8 W mempunyai tahanan thermal 14°C/W kemudian semakin turun sampai pada konsentrasi aseton 100% = $0,5^{\circ}\text{C/W}$ pada daya terbesar, 63 W.

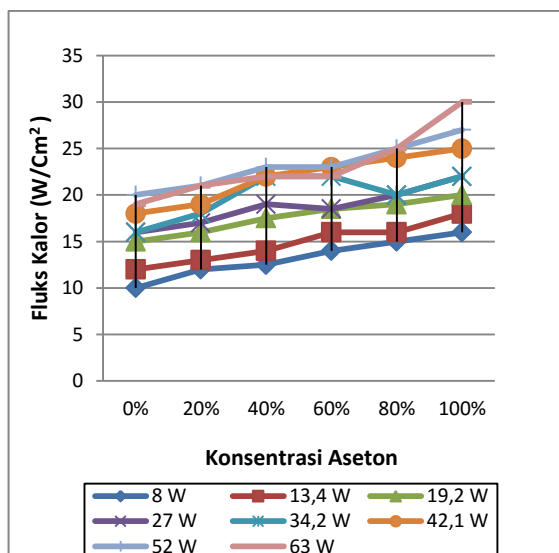
Dari kejadian diatas disebabkan semakin bertambahnya prosentase aseton, kenaikan konsentrasi volume aseton berpengaruh terhadap penurunan titik didih fluida kerja yang berada dibagian evaporator, karena titik didih aseton lebih rendah daripada methanol sehingga proses penguapan semakin cepat terjadi pada kondisi daya yang sama sehingga tahanan thermal menjadi semakin kecil.

Gambar 5 menunjukkan bahwa bertambahnya konsentrasi aseton dengan temperatur yang sama akan meningkatkan daya output. Pada daya 8 W dengan konsentrasi aseton 0% diperoleh daya output 17 W sedang pada konsentrasi aseton 100% diperoleh daya output 23 W. Daya Output tertinggi 35 W, adalah ketika konsentrasi aseton 100% dan pada daya tertinggi 63 W.



Gambar5. Grafik Pengaruh Konsentrasi Volume Aseton Terhadap Daya Output

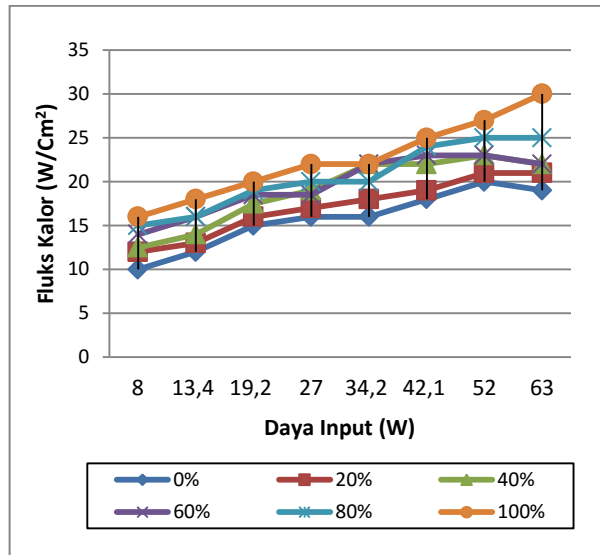
Hal ini disebabkan dengan semakin besar konsentrasi aseton maka tahanan thermal semakin kecil sehingga daya output akan semakin besar. Dengan semakin bertambahnya Daya input, tahanan termal akan semakin kecil sehingga akan semakin bertambah daya output.



Gambar6. Grafik Pengaruh Konsentrasi Volume Aseton Terhadap Fluks Kalor

Gambar 6 menunjukkan bahwa fluk kalor terbesar adalah pada saat konsentrasi aseton 100%. Hal ini ditunjukkan pada temperatur yang sama, fluks kalor terbesar pada pada konsentrasi aseton 100% dan semakin menurun pada konsentrasi aseton semakin kecil. Hal ini dipegaruhi oleh volume spesifik uap dan kandungan panas laten dari fluida kerja, maka dengan konsentrasi aseton 100%, karena titik didihnya lebih rendah

dibanding konsentrasi lain, maka mempunyai kandungan panas laten yang tinggi dan komposisi uap akan semakin banyak, sehingga mekanisme proses transfer panas semakin besar. Hal ini menyebabkan fluks kalor semakin tinggi.



Gambar7. Grafik Pengaruh Daya Input Terhadap Fluks Kalor

Pada gambar 6 terlihat bahwa untuk semua variasi konsentrasi aseton, kapasitas perpindahan kalor persatuan luas melintang pipa (fluks kalor) meningkat seiring dengan semakin besar daya. Hal ini ditunjukkan bahwa pada konsentrasi aseton 0% pada daya 8 W, mempunyai fluks kalor 10 W/cm^2 sedangkan pada konsentrasi yang sama pada daya 63 W mempunyai fluks kalor 19 W/cm^2 . Pada konsentrasi aseton 100% pada daya 8 W, mempunyai fluks kalor 16 W/cm^2 dan pada daya 63 W mempunyai fluks kalor 30 W/cm^2 . Data ini mempunyai arti bahwa fluida kerja yang mempunyai fluks kalor terbesar adalah yang mempunyai unjuk kerja termal yang baik. Pada gambar terlihat bahwa pada umumnya nilai fluks kalor untuk setiap variasi daya input yang terbesar pada fluida kerja yang berasal dari campuran etanol dan aseton

4. Kesimpulan

1. Semakin besar konsentrasi aseton *end to end* semakin kecil. *End to end* tertinggi pada daya terendah (8 W) dengan konsentrasi aseton 0% dan *end to end* terendah pada temperatur daya tertinggi (63 W) dengan konsentrasi aseton 100%.
2. Pada semua nilai daya, semakin besar prosentase aseton maka tahanan thermal akan menurun. Tahanan thermal tertinggi pada konsentrasi aseton 0% pada daya

8W(14C/W) dan terendah pada konsentrasi aseton 100% pada daya tertinggi, 63 W (0,5 C/W)

3. Pada semua temperatur, semakin besar prosentase aseton semakin besar fluk kalor dan daya output. Fluks kalor tertinggi pada prosentase aseton 100% dan pada daya 63 W (30 W/cm⁰) dan daya output tertinggi (35 W) pada prosentase aseton terbesar dan daya tertinggi.
4. Pada konsentrasi aseton yang sama semakin besar daya input, maka semakin besar daya output yang dihasilkan *thermosyphon*

Daftar Pustaka

- [1] Dunn, P.D. and D.A. Ready, 1994. *Heat pipe*, Fourth edition, Pergamon press, Elsevier Science Ltd
- [1] Faghri A. 1995. *Heat Pipe science and technology*, Taylor and Francis
- [2] Holman, J.P. 1986. *Heat Transfer McGraw Hill*, Ltd. Jasjfi (Penerjemah). 1994. Perpindahan Kalor. Edisi keempat. Erlangga Jakarta
- [3] Masaru Oomi, Toshiro Fukumoto, Takao Kobayashi, Masamobu Sugiora, Katsuo Nakayama, and Kenichi Namba. 2000. *State of the art Technologies Of Micro Heat Pipe Heat Sink for Note Book PCS*.
- [4] Mozumder AK, A. F. Akon, M. S. H. Chowdhury dan S. C. Banik, 2010. Journal of Mechanical Engineering, Vol. ME 41, No. 2, December 2010 Transaction of the Mech. Eng. Div., The Institution of Engineers, Bangladesh
- [5] Hadi, H.S. 2003. *Pengaruh Sudut kemiringan terhadap Kinerja Thermal Pipa Kalor Alur Memanjang*. Tesis, Universitas Brawijaya
- [6] Sathaye, N.D. 2000. *Incorporation of heat pipe Into Engine Air Pre Cooling*, Master Thesis, B.E, University of Pune.
- [7] Sabharwall, P., 2009, *Engineering Design Elements of a Two-Phase Thermosyphon to Transfer NGNP Thermal Energy to a Hydrogen Plant*. Idaho National Laboratory U.S. Department of Energy National Laboratory
- [8] Soedarmanto, Heri. 2011. *Pengaruh Konsentrasi Campuran Aseton dan Metanol Terhadap Unjuk Kerja Termal Revolving Heat Pipe dengan Alur Memanjang*. Jurnal poros Teknik, 3:1, 34-30. (Manado, 1 Juni 2011).